LE POINT EN RECHERCHE

Août 2002

Série technique 02-103

LES MOISISSURES DANS LES MAISONS : RAISONS DE LEUR PROLIFÉRATION ET RAISONS DE NOS PRÉOCCUPATIONS. ANALYSE SUPPLÉMENTAIRE DES DONNÉES DE WALLACEBURG : LES ÉTUDES DE WALLACEBURG SUR LA SANTÉ ET L'HABITATION

Introduction

Environ 30 études menées par voie de questionnaires dans le monde entier indiquent à coup sûr une forte corrélation entre les symptômes de maladies respiratoires communiqués par les occupants et les problèmes d'humidité et de moisissure signalés dans les maisons. L'étude de Santé Canada, portant sur 15 000 maisons de 30 collectivités réparties dans cinq régions géographiques du pays, figurait parmi les plus importantes et corroborait certaines des corrélations les plus fortes. Par contre, comme les études par questionnaire sont tendancieuses au moment de transmettre les informations, il vaut mieux assurer le suivi en menant sur le terrain des études bien conçues permettant d'établir une comparaison entre la véritable exposition et les effets mesurés sur la santé. La SCHL a travaillé en collaboration avec Dr Robert Dales de Santé Canada et Dr David Miller, qui oeuvrait alors pour Agriculture Canada mais maintenant pour l'Université Carleton, à concevoir une étude sur le terrain visant à mesurer l'exposition à des polluants de l'air intérieur, l'état de santé d'enfants en début de scolarité et les conditions et le rendement de leur maison. Plusieurs recherches ont été financées pendant des années, d'abord pour mettre au point les protocoles nécessaires, puis pour mesurer l'exposition dans le cadre d'une étude de première phase, et enfin pour mesurer l'état des maisons et plusieurs indicateurs de la santé lors de l'étude de deuxième phase dont il est ici question. Plusieurs documents et articles ont été écrits au sujet de ces études et sont d'ailleurs cités à la fin du présent feuillet documentaire. Ils étoffent certaines corrélations traitées ici.

Ce programme de recherche a été mené à Wallaceburg, en Ontario, ville située au nord-est du Lac St. Clair entre Sarnia et Windsor. La ville, qui jouit d'un climat modéré, a été choisie parce qu'on l'estime représentative de la moyenne des régimes climatiques pour les besoins de l'enquête pancanadienne. Les maisons de la première phase ont été choisies parmi celles où logeaient des élèves fréquentant les premières années de l'école élémentaire. Pour la deuxième phase, les maisons ont été choisies parmi celles retenues lors de la première phase, suivant le degré d'exposition à la moisissure alors mesuré.

Programme de recherche

Lors de la première phase du programme d'essai sur le terrain qui s'est déroulée en 1993/1994, l'exposition à des concentrations de substances biologiques a été mesurée dans 402 maisons et de bonnes mesures complètes ont été obtenues dans 367 d'entre elles. Un questionnaire d'enquête a été utilisé afin d'obtenir des données sur la présence de moisissure et les symptômes de maladie respiratoire. Même avec une combinaison différente des maisons de cette ville, la répartition des réponses était remarquablement semblable à ce qu'on avait obtenu dans cette ville au moyen de deux questionnaires. Voici les échantillons prélevés sur le terrain lors de la première phase :

SCHL CMHC

62951

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

1. Prélèvements d'air à court terme, à l'intérieur comme à l'extérieur;
2. Prélèvements de poussière dans l'air des surfaces habitables et de la chambre des enfants indicateurs;
3. Prélèvement des zones visiblement infectées de moisissures;
4. Prélèvement de poussière provenant de la literie des enfants indicateurs.

La chambre des enfants indicateurs et les effets sur leur état de santé avaient été désignés aux fins d'une étude plus spécifique. Certains enfants indicateurs partageaient leur chambre, alors que d'autres avaient leur propre chambre.

Les prélèvements effectués lors de la première phase ont été analysés quant à leur teneur en spores de moisissures viables, en ergostérol (composant de la moisissure), en antigènes félins et acariens, et en endotoxine bactérienne. Cette analyse a donné lieu à un ensemble considérable de données d'exposition à des substances biologiques. L'analyse visait à déterminer les maisons qui exposaient l'enfant indicateur soit à de très importantes quantités ou à d'assez faibles quantités de substances biologiques. La première phase a révélé que les problèmes de santé avaient surtout une corrélation avec l'exposition à la moisissure. Lors de la deuxième phase, 60 maisons ont été choisies en fonction de ces ensembles de données, 40 dans la catégorie d'exposition élevée et 20 dans la catégorie de faible exposition. En raison d'une annulation tardive, 39 maisons de la catégorie d'exposition élevée ont fait l'objet de tests. La gamme d'exposition aux antigènes félins et acariens, de même qu'à l'endotoxine bactérienne, variait environ d'ordres de grandeur de trois décimales, la gamme des mesures de la moisissure étant quelque peu inférieure, mais tout de même très importante.

Mesurer le degré d'humidité et la qualité de l'air des maisons, ainsi que l'exposition des occupants et les effets sur leur état de santé, est un domaine évolutif à la fois de la science et du génie. Pour garantir la réussite du programme de recherche, plusieurs techniques ont été davantage approfondies avant de mener la principale étude d'essais de performance des maisons dans le cadre de la deuxième phase. Une équipe de consultants en habitation, en l'occurrence Appin and Associates, Sheltair Scientific Ltd. et Scanada Consultants Ltd., ont constitué de nombreux protocoles d'échantillonnage et d'investigation et rédigé les versions provisoires des questionnaires d'enquête.

Voici ce que comportaient les tests :

1. Un protocole pour prédire le taux de renouvellement d'air des maisons, AIM2, fondé sur l'étanchéité à l'air mesurée et les données climatiques, acquis de ses créateurs Walker et Wilson de l'Université de l'Alberta.
2. Un modèle de prédiction de condensation locale, acquis de TenWolde du US Forest Product Laboratory.
3. Sheltair a constitué un modèle composite de prédiction de la condensation à l'aide de ces deux composants.
4. L'essai d'étanchéité à l'air prévu dans la norme CGSB B149.10 M86 a été modifié de façon à intégrer de nouveaux modes opératoires proposés pour fins d'incorporation lors d'une mise à jour. Les ouvertures intentionnelles et les conduits de fumée laissés ouverts au cours de l'utilisation normale de la maison devaient être laissés tels quels. Le fait de ne pas rendre étanches à l'air ces ouvertures contribue à mieux prédire le véritable taux de renouvellement d'air des maisons, exigence importante pour les besoins de l'étude. Les données d'étanchéité à l'air ainsi obtenues n'établissent toutefois pas de bonne corrélation avec les données précédentes.
5. Santé Canada a mis au point un appareil et logiciel permettant d'enregistrer pendant la nuit la toux de l'enfant indicateur.

On a exploité plusieurs techniques sans les modifier :

1. Les essais à l'aide d'un gaz traceur ont été effectués conformément aux exigences de la norme ASTM E 741-83-90.
2. Les appareils à combustion risquant de subir des débordements de gaz de combustion ont été testés selon les exigences de la norme CAN/CGSB 51.71-94.
3. Les relevés de température, d'humidité relative et de dioxyde de carbone pris dans la chambre de l'enfant indicateur ont été enregistrés à des intervalles de 10 minutes durant cinq à sept jours, à l'aide d'instruments ACR 203.
4. Les échantillons de COV ont été prélevés à l'aide de dosimètres passifs 3M, exposés pendant une semaine dans la salle de séjour et analysés à l'aide d'un appareil GC/FID.
5. Les données sur l'état de santé, y compris les sécrétions nasales et un prélèvement sanguin, ont été recueillies par une infirmière au moment où elle a rempli le questionnaire d'enquête.

6. On a indiqué aux enfants et aux parents la façon d'utiliser l'appareil de mesure du débit de pointe TruZone et les prélèvements ont été faits le matin et le soir pendant une semaine. La présence d'occupants dans la chambre à coucher a également été consignée.

Le travail sur le terrain s'est effectué vers la fin de l'hiver 1995, la majorité des données obtenues en février et en mars. Même après avoir soigneusement épuré et traité les mesures disponibles, certaines données manquaient à l'égard de quelques maisons, par exemple le taux d'étanchéité à l'air de trois maisons. Dans la plupart des cas, les données étaient assez complètes. L'enlèvement des « mauvais » points de données a permis d'utiliser les résultats des tests de renouvellement d'air de 58 des 59 maisons.

Analyse

Les données, y compris les données d'exposition choisies lors de la première phase, ont été consignées dans une base de données relationnelle Microsoft ACCESS. Bon nombre des corrélations subséquentes ont été effectuées à l'aide de sous-ensembles de ces données dans une base EXCEL. Quant aux mesures qui révélaient des plages supérieures de résultats et bien des relevés zéro, les données ont été classées (de 1 à 59, s'il y avait 59 points de données). Les deux ensembles de données ont été analysés et les corrélations comparées. L'importance statistique de toutes les corrélations a été déterminée, si bien qu'on a pu établir l'ampleur de l'effet et la valeur statistique de cette corrélation.

L'analyse statistique des données choisies sur la santé a été soumise au traitement SPSS et BMDP par Corrine Dulberg.

Les calculs d'intensité de la source d'humidité ont été déterminés à l'égard des maisons pour lesquelles on disposait de données d'étanchéité à l'air. Au moyen du calcul de bilan massique, on a pu déterminer l'écart du débit hygrométrique de l'humidité s'infiltrant avec l'air extérieur moins celle s'exfiltrant avec l'air intérieur. On a également estimé le taux de production d'humidité des occupants, à l'aide de références documentaires de la SCHL.

Le potentiel de condensation a été calculé en modifiant les outils mis au point avant l'étude. Ces programmes ont été « rajustés » de façon à pouvoir prédire la formation de condensation sur les fenêtres là où le phénomène a été observé. Le programme qui prédisait la formation de condensation sur une fenêtre établissait également la présence de condensation à l'intérieur des bâtiments isolés, s'il y avait des parcours de fuite d'air, de sorte que la condensation devait être interprétée comme une indication de la possibilité de condensation interstitielle.

Résultats

Ces études ont permis de démystifier certains préjugés.

1. Les maisons peu étanches à l'air ne présentaient pas moins de moisissure que les maisons étanches.
2. Les maisons fortement contaminées étaient moins étanches que celles peu contaminées, malgré les variations importantes du degré d'étanchéité dans les deux groupes.
3. Les maisons étanches étaient assorties d'un taux de renouvellement d'air inférieur, sans pour autant enregistrer des degrés supérieurs d'humidité, de condensation ou de contamination biologique.
4. Les maisons peu étanches avaient des taux de renouvellement d'air supérieurs, conformes aux prédictions et aux mesures, et un degré d'humidité relative inférieur, mais des mesures plus élevées (et non inférieures comme prévu) de contamination biologique.
5. Les chambres à coucher des maisons peu étanches à l'air ne bénéficiaient pas d'une bonne ventilation, de sorte que des concentrations élevées de dioxyde de carbone (CO_2) ont été enregistrées dans des maisons étanches de même que dans celles qui l'étaient peu. Certaines parmi les pires étaient des maisons très peu étanches.
6. Les relevés élevés d'humidité relative, indiqués comme mesures ponctuelles prises au moment de l'inspection de la maison ou comme moyenne à long terme dans la chambre de l'enfant indicateur, ne permettaient pas d'établir une bonne corrélation avec la contamination biologique.
7. La croissance visible de moisissure n'était pas en bonne corrélation avec d'autres mesures de moisissure ou de contamination biologique dans l'air ou la poussière.
8. Les mesures de COV correspondaient mal à tout effet mesuré sur l'état de santé de l'enfant. La plage assez petite des COV totaux et la faible étendue de l'étude pourraient expliquer ce résultat.
9. La production d'humidité par les occupants ne permettait pas de bien prédire les taux des sources d'humidité mesurés. Les problèmes que subissait la maison expliquaient souvent l'origine de l'humidité, dont le sous-sol ou le vide sanitaire humide ou d'autres problèmes présumément traités par les codes du bâtiment.

10. Les maisons contaminées faisaient partie d'un ensemble plus petit, mais étaient habitées par un nombre supérieur d'occupants; elles présentaient donc une densité d'occupation supérieure, sauf que ces caractéristiques correspondaient mal à l'intensité mesurée des sources d'humidité.

11. Les taux de renouvellement d'air élevés prédisaient un taux élevé d'endotoxine bactérienne, un taux élevé d'ergostérol, un taux élevé d'unités formant colonies, mais **non** les niveaux inférieurs que la plupart présumaient.

Des corrélations favorables ont été observées à l'égard des éléments suivants :

1. L'intensité calculée des sources d'humidité correspondait bien aux antigènes acariens et au dénombrement de spores de moisissures viables (à titre d'unités formant colonies).
2. Les sources et problèmes d'humidité locaux permettaient de mieux prédire la croissance de moisissure visible que l'humidité relative.
3. Le potentiel de condensation (au moyen de l'apport de l'intensité de la source d'humidité et l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur) correspondait aux mesures de lymphocytes sanguins, en particulier les lymphocytes CD45O3CT.
4. Plusieurs facteurs de croissance de la moisissure correspondaient aux changements de lymphocytes sanguins, même après avoir vérifié des facteurs comme l'âge de l'enfant, la présence d'animaux domestiques, les taux d'antigènes acariens, le fait que l'enfant pouvait avoir le rhume au cours des tests, les concentrations de CO_2 , les concentrations de COV et la présence d'un humidificateur dans la chambre de l'enfant. C'est un phénomène remarquable dans une étude de si petite envergure, vu que la correction à apporter en raison de tant de variables confusionnelles réduisent la portée statistique d'une telle étude. Elle a une portée assez faible, d'après les normes conventionnelles.
5. La présence d'appareils de chauffage au bois correspond à plusieurs facteurs mesurés, en l'occurrence, l'ergosterol, les antigènes acariens et l'une des modifications au système immunitaire constatée dans le sang de l'enfant.
6. Les maisons présentant des caractéristiques inhabituelles, comme une cave froide, des volières, de l'isolant au sous-sol sans pare-vapeur, un poêle à gaz ou un générateur de chaleur mural, un VRC installé mais toutefois pas raccordé à l'installation électrique, se trouvaient toutes dans la catégorie des maisons fortement contaminées.

Voici d'autres observations relevées :

1. La croissance de moisissure provenant de la condensation sur les fenêtres était courante, même dans les maisons présentant un faible taux de moisissure mesuré dans l'air et la poussière.
2. Bon nombre des sources des problèmes d'humidité n'avaient pas de rapport avec la condensation. Certains problèmes étaient causés par des éclaboussures d'eau dans la salle de bains, des infiltrations d'eau au sous-sol en provenance du sol, des murs ou du plancher, le bac de dégivrage ou de drainage du réfrigérateur constamment mouillé.
3. Bien des problèmes d'humidité et de croissance de moisissure observés ont trait au contact avec le sol, soit dans le vide sanitaire, les murs de sous-sol ou la dalle de plancher. Les parois qui séparent le sol du bâtiment doivent être conçues et construites de façon à prévenir l'infiltration de l'eau par capillarité, de même que l'infiltration des gaz contenus dans le sol humide.
4. Un nombre disproportionné de maisons fortement contaminées ont été construites dans les années 1970 alors qu'un nombre disproportionné de maisons présentant de faibles risques d'exposition l'ont été depuis 1986.
5. Les concentrations de dioxyde de carbone (CO_2) de pointe relevées dans certaines chambres étaient très élevées, dépassant le maximum de 3 500 ppm que recommande Santé Canada. Dans plusieurs chambres, le taux effectif de renouvellement d'air n'était que de quelques litres par seconde par enfant (L/s/enfant). Dans bien des chambres, le recours aux concentrations de CO_2 a permis de prédire des taux de renouvellement d'air inférieurs à 5 L/s par personne, que recommande l'ASHRAE.

6. Bien qu'il ait prédit assez bien le taux moyen de renouvellement d'air au cours de la durée d'une heure des essais, le programme AIM2 a plutôt mal prédit le taux mesuré dans bien des maisons individuelles. De nombreuses hypothèses doivent être présumées à propos de la maison et de son interaction avec l'environnement local, et les hypothèses ne sont, en fait, pas toutes bien fondées. Les modèles proprement dits peuvent être contre-indiqués à certains égards.
7. La ventilation à elle seule ne prévient pas les problèmes. Ce sont les taux des sources qui établissent l'existence des problèmes, étant donné que la ventilation varie légèrement par rapport aux larges écarts des taux des sources.

Conséquences

La présente étude comporte des conséquences pour le secteur de l'habitation ainsi que pour les agents du bâtiment et les comités des codes et des normes.

1. Dans bien des maisons présentant des problèmes d'humidité, il ressort que ce ne sont pas les occupants, mais les maisons, qui sont responsables de la forte intensité des sources d'humidité qui semblent entraîner la contamination biologique, y compris les acariens et la croissance de la moisissure. (Par contre, il y a de nombreuses maisons présentant des problèmes d'humidité où les sources d'humidité étaient, de toute évidence, attribuables aux activités des occupants.) La majorité des maisons ne peuvent pas supporter de fortes quantités d'humidité sans susciter des problèmes d'humidité, de moisissure et d'acariens.
2. Faire en sorte que le sous-sol ou le vide sanitaire demeure sec permet de régler de nombreux problèmes d'humidité observés et d'éviter la pollution biologique consécutive.
3. Tout ce qui peut se faire pour réduire la condensation sur les fenêtres permet d'atténuer la croissance de moisissure. De la moisissure a été découverte sur des composants des fenêtres dans la majorité des maisons, même celles qui autrement présentaient peu de croissance de moisissure.
4. La simple présence d'un appareil de chauffage au bois dans ces maisons permettait de mieux prédire la croissance de moisissure et certaines mesures de l'état de santé de l'enfant indicateur. Nous devons en savoir plus sur cette relation. Est-ce attribuable à l'entreposage et à la manutention du bois, à la matière biologique présente à la surface du bois transportée à l'intérieur, à d'importants écarts de température d'une pièce à l'autre, ou s'agit-il simplement d'un facteur qui se substitue à celui qui est vraiment à l'origine du problème?
5. L'excellente ventilation est certes importante et contribue à atténuer l'effet de petites sources de polluants, y compris la production d'excès d'humidité de la part des occupants, mais elle ne constitue pas, à elle seule, la solution aux sérieux problèmes. Prévenir l'importante intensité de toute source de polluant, y compris l'humidité, s'impose pour éviter les problèmes. Les maisons ne peuvent pas être saines si elles contiennent d'importantes sources de polluants.
6. Pour être efficace, la ventilation doit parvenir jusqu'aux chambres, pour que les polluants produits par les occupants soient expulsés avant d'atteindre des niveaux excessifs. Si la concentration de CO_2 était aussi élevée que celle qui a été mesurée dans certaines maisons, quels étaient les niveaux des autres contaminants?
7. Il faudrait poursuivre l'objectif d'étanchéité à l'eau avec autant de vigueur que celui de l'étanchéité à l'air, tant dans les maisons neuves que celles déjà construites.

Directeur de projet SCHL : Jim H. White; avec l'aide technique de J. David Miller, Agriculture Canada (maintenant à l'Université Carleton) et Dr Robert Dales, Santé Canada/Université d'Ottawa.

Rapports de recherche de la SCHL :
Les moisissures dans les maisons : Raisons de leur prolifération et raisons de nos préoccupations, 3 novembre, 1995

Analyse supplémentaire des données de Wallaceburg, 10 juillet, 1996

Autres documents :

Lawton M, Dales RE and White J., The Influence of House Characteristics in a Canadian Community on Microbiological Contamination, Indoor Air, 98, 8:2-11

Dales RE, Bhumgara C, Miller D, White J and McMullen E., Indoor air quality and health: Validity and determinants of reported home dampness and moulds. *International Journal of Epidemiology*, 26, 120-125, 1997.

Dales RE, White J, Bhumgara C and McMullen E. Parental reporting of childrens' coughing is biased. *European Journal of Epidemiology*, 13, 541-545, 1997.

Dales RE, Miller D, White J, Dulberg C, and Lazarovitz Al. Influence of residential fungal contamination on peripheral blood lymphocyte populations in children. *Archives of Environmental Health*, 53(3), 190-195, 1998.

White J, Hoffman S, Moisture Source Strengths: Is It People or Is It Houses, Indoor Air 96, 3 869-874

Consultants : Mark Lawton, Morrison Hershfield Consulting Engineers, Corrine Dulberg, Ph.D.

Recherche sur le logement à la SCHL

Aux termes de la partie IX de la *Loi nationale sur l'habitation*, le gouvernement du Canada verse des fonds à la SCHL afin de lui permettre de faire de la recherche sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et d'en publier et d'en diffuser les résultats.

Le présent feuillet documentaire fait partie d'une série visant à vous informer sur la nature et la portée du programme de recherche de la SCHL.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : 1 800 668-2642
Télécopieur : 1 800 245-9274

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.cmhc-schl.gc.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La SCHL se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.